Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 114-125
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.61250

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۲۵-۱۱۴، نیمهٔ دوم ۱۳۹۷

بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و پتاسیم بر برخی از صفات و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در مدیریت‌های مختلف آبیاری

سوده ملکی[1*]، علی نخ‌زری‌مقدم[2]، سیدحسین صباغ‌پور[3]، عباسعلی نوری‌نیا[4] و حسین صبوری[5]

۱-دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه گنبد
۲ و ۵- به‌ترتیب استادیار و دانشیار گروه امور زراعی دانشگاه گنبد
۳- استاد پژوهش بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۴- پژوهنده مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و مصرف مقادیر مختلف زئولیت و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم آزاد، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی همدان به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم رطوبتی در چهار سطح (شرایط دیم (بدون آبیاری)، آبیاری در مرحله گل‌دهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری هم در مرحله گل‌دهی و هم غلاف‌دهی) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب تیماری مقدار زئولیت در سه سطح شامل ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار و مقدار پتاسیم در سه سطح شامل ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم در هکتار (از منبع سولفات پتاسیم) به‌عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که سطوح مختلف آبیاری، زئولیت و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر پرولین، غلظت پتاسیم دانه، پروتئین، میزان کلروفیل در زمان گلدهی و پرشدن دانه، عملکرد دانه، وزن بوته داشتند. اثر متقابل آبیاری و زئولیت در تمامی صفات به‌جز بر میزان کلروفیل در زمان پرشدن دانه معنی‌دار بود. در این بررسی بالاترین عملکرد دانه از آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف ۳۰ تن زئولیت در هکتار به‌دست آمد. با مصرف پتاسیم عملکرد دانه از ۸ تا ۱۳درصد افزایش یافت، به‌طوری که با مصرف ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم عملکرد دانه به ۱۲۴۳کیلوگرم در هکتار رسید. نتایج بررسی نشان داد که مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است و مصرف زئولیت و پتاسیم در شرایط تنش می‌تواند با تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی، اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، پروتئین، پرولین، عملکرد دانه، نخود دیم

مقدمه

حبوبات به‌دلیل برخورداری از پروتئین بالای دانه از اهمیت غذایی بالایی برخوردار هستند. این گیاهان به‌دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حائز اهمیت هستند (Naseri *et al*., 2011). متوسط عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در هکتار در ایران نسبت به میانگین عملکرد جهانی و کشورهای مهم تولیدکننده نخود بسیار پایین می‌باشد که مهم‌ترین عامل پایین‌بودن آن تنش خشکی آخر فصل می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2003). در شرایط کمبود آب در گیاهان، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، تغییرات بیوشیمیایی نیز به‌وجود می‌آید (Rabbani & Emam, 2011). ساز و کارهای تحمل خشکی به‌ویژه در شرایط تنش شدید، شامل فرایندهایی در سطح سلول است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تنظیم اسمزی اشاره کرد. پرولین به‌عنوان یکی از ترکیبات مؤثر در این فرآیند، اسیدآمینه‌ای است که به‌طور طبیعی در بسیاری از گیاهان عالی وجود دارد و معمولاً غلظت آن در واکنش به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Alexieva *et al*., 2001). کاهش پروتئین‌های محلول و تجمع پرولین در اثر تنش خشکی در نخود گزارش شده است (Serraj & Sinclair, 2002). افزایش تجمع پرولین در برگ نخود، ساز و کاری برای تعدیل اسمزی تحت شرایط تنش آبی معرفی شده است (NiariKhamssi *et al*., 2010). در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) و گندم

* نویسنده مسئول: soode.maleki@yahoo.com

(*Triticum aestivum* L.)، تنش کمبود آب مقدار کلروفیل را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Nayyar & Gupta, 2006). از آنجا که تولید نخود در بیش‌تر مناطق در اثر کمبود رطوبت به‌خصوص در طی دوره رشد زایشی محدود می‌شود، لذا انجام آبیاری می‌تواند در بهبود عملکرد و نیز ثبات آن مؤثر باشد (Zaferanieh *et al*., 2010). در آزمایشی روی سه رقم نخود مشخص شد که کمبود آب به‌طور معنی‌داری سبب کاهش فتوسنتز خالص و تعرق شد (Krouma, 2010).

برخی مواد نظیر سوپرجاذب زئولیت می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره کنند و قابلیت نگه‌داری و ذخیره کردن آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره‌شده به کمک این مواد در مواقع کم‌آبی در خاک آزاد می‌شود و ریشه گیاه از آن استفاده می‌کند (Ghazavi, 2015). این مواد قابلیت‌های اثبات‌شده‌ای در بهبود تهویه و نگهداری آب در خاک، تنظیم میزان مصرف آب توسط گیاه، اصلاح مدیریت آبیاری، افزایش تأثیر کود و کاهش نیاز به مصرف کود دارند (Nazarli *et al*., 2010).

مصرف کود پتاسیم با تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی، از طریق حفظ فشار آماس و کاهش تعریق بسیار مؤثر است (Khodami *et al*., 2013). لذا، مصرف پتاسیم علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی و کارآیی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد (Valadabadi *et al*., 2009). تأثیر زئولیت بر افزایش کارآیی پتاسیم بسیار چشمگیر بود، به‌گونه‌ای که افزودن زئولیت در خاک باعث گردید سطح پتاسیم قابل جذب در خاک افزایش یابد و از این نظر تأثیر مطلوبی بر گیاه ایجاد کند (Prez-Cabalero *et al*., 2008). در شرایط تنش خشکی، اثر پتاسیم بر افزایش عملکرد و کاهش اثرات منفی تنش نسبت به شرایط مساعد رطوبتی بالاتر بود (Fanaee *et al*., 2010). نتایج آزمایش Mollavaly *et al*, (2009) نشان داد که افزایش سولفات پتاسیم تا ۱۵۶/۶ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش شاخص کلروفیل برگ پیاز شد.

با افزایش جمعیت نیاز به استفاده از آب بیشتر می‌شود و لذا منابع آب به‌طور فزاینده‌ای مورد تهدید قرار می‌گیرد. از آنجایی که در ایران بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۰درصد از منابع آب، عمده‌ترین مصرف‌کننده آب به‌شمار می‌آید، هرگونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به صرفه‌جویی در منابع آب تلقی می‌شود (Mirzaee & Rezvani, 2006). اعمال کم‌آبیاری بدون برنامه‌ریزی دقیق ممکن است به کاهش رشد و تولید محصولات زراعی منجر شود. تعیین زمان کم‌آبیاری که همراه با حداقل خسارت باشد، راهکاری مناسب است که ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، سبب دستیابی به محصول بهینه می‌شود. با توجه به این‌که کشت نخود در استان همدان رایج و کشت غالب مزارع دیم را تشکیل می‌دهد و با توجه به نقش مثبت پتاسیم و زئولیت در کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر رشد گیاهان و اطلاعات قابل‌دسترس کم در این زمینه، این پژوهش با این فرض که بتوان با کاربرد زئولیت و پتاسیم تأثیر تنش خشکی را کاهش داد و عملکردی قابل قبول را در سطوح پایین آبیاری به‌دست آورد، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و پتاسیم بر برخی از صفات و عملکرد نخود در مدیریت‌های مختلف آبیاری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۷۳۰متر و دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک با مشخصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی است. حداقل و حداکثر رطوبت نسبی هوا به‌ترتیب ۳۷/۴ و ۷۴/۴درصد می‌باشد. نتایج مربوط به بارندگی و دمای ماهانه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- میزان بارندگی ماه‌های سال و میانگین روزانه درجه حرارت ماهانه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در منطقه همدان

Table 1. The rainfall rate and average of temperature in each month during 2014-2015 in Hamadan region

ماه **Month**	مهر **Oct**	آبان **Nov.**	آذر **Dec.**	دی **Jan.**	بهمن **Feb.**	اسفند **March**	فروردین **April**	اردیبهشت **May**	خرداد **Jun**	تیر **July**
Precipitation (mm) بارندگی	31.4	9.1	29.5	8.3	12.9	20.4	49.4	4.2	0.2	4.4
Temperatures (C°) درجه حرارت	15.1	6.3	4	1.3	5.4	4.4	10	16.5	22.9	26.7

عملیات آماده‌سازی زمین آزمایش شامل شخم، سیکلوتیلر و ایجاد خطوط کشت با فاصله ۳۰سانتی‌متر بود. خاک محل آزمایش لوم رسی شنی و دارای pH=۸/۱ و EC=۲/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر و میزان پتاسیم قابل استفاده آن ۱۸۰قسمت در میلیون بود.

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم رطوبتی به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح شامل شرایط دیم (بدون آبیاری)، آبیاری در مرحله گل‌دهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری هم در مرحله گل‌دهی و هم غلاف‌دهی درنظر گرفته شد. عامل فرعی شامل مصرف زئولیت در سه سطح (عدم مصرف زئولیت و مصرف زئولیت به‌میزان ۱۵ و ۳۰تن در هکتار) و مصرف پتاسیم در سه سطح (عدم مصرف پتاسیم و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) بود که با توجه به آزمایش خاک و توصیه مرکز تحقیقات همدان انتخاب شدند. بر اساس آزمون خاک، مقدار ۳۰کیلوگرم در هکتار فسفر (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل همزمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد (Sabaghpour, 2015). آبیاری به‌صورت کرتی انجام شد و به‌منظور آبیاری یکنواخت کلیه واحدهای آزمایشی از کنتور استفاده شد. میزان آبیاری نیز با استفاده از فرمول زیر (برای عمق مؤثر توسعه ریشه ۳۰-۰ سانتی‌متری) محاسبه شد (Malakouti & Homaee, 2005):

$$d= 10\ (Wfc-Wo)\ S\ D/\ E$$

d: میلی‌متر آبی که باید به زمین داده شود؛ Wfc: درصد رطوبت خاک (وزنی) درحد ظرفیت نگهداری؛ Wo: درصد رطوبت خاک (وزنی) قبل از آبیاری؛ S: وزن مخصوص خاک؛ D: عمق لایهٔ خاک؛ E: کارآیی آبیاری.

هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کشت به طول پنج متر بود. فاصله کرت‌های اصلی، بوته روی ردیف و عمق کاشت به‌ترتیب یک‌و نیم متر، ۱۰ و ۱۰سانتی‌متر بود. بین هر تکرار نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت، مقادیر مختلف کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در سطح کرت‌ها پخش و قبل از کاشت بذر با خاک مخلوط گردید و سپس ردیف‌ها ایجاد شد. مقادیر سوپرجاذب زئولیت به‌صورت نواری و در عمق ۱۵سانتی‌متری قرار گرفت و سپس روی آن‌ها با خاک پوشانده شد. زئولیت مصرفی از معدن زئولیت ساوه تهیه شد که اندازه آن ۵۰ تا ۱۵۰میکرومتر، رطوبت ۳ تا ۵درصد، pH=۷، K2O= ٪۳ و SiO2=٪۶۷ بود. بذور رقم نخود آزاد قبل از کاشت با کاربوکسین تیرام به‌میزان یک در هزار ضدعفونی گردیدند. این آزمایش در ۱۲آذرماه۱۳۹۳ کشت و در ۱۵تیرماه۱۳۹۴ برداشت گردید. در طول مدت رشد و نمو در دو نوبت علف‌های هرز مزرعه با کارگر وجین شدند.

برای تعیین درصد پروتئین دانه به روش کجلدال از محصول به‌دست آمده از هر کرت آزمایش۱۰۰گرم جدا و آسیاب شد و سپس جهت اندازه‌گیری به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از دستگاه اتوماتیک مدل K-370 میزان پروتئین محاسبه شد (Naseri *et al*., 2011). برای تعیین مقدار پتاسیم دانه از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک استفاده شد و میزان پرولین بر اساس روش Bates *et al*, (1973) در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل برگ در دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه، به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌متر (Chlorophyll Meter Japan) spad-502 (Minolta, اندازه‌گیری شد، بدین‌ترتیب که از قسمت مرکزی هر کرت۱۰گیاه به صورت تصادفی انتخاب و میزان کلروفیل در جوان‌ترین برگ بالغ گیاه (عمدتاً دومین و سومین برگ از نوک گیاه) به‌صورت غیرتخریبی اندازه‌گیری شد (Oneill *et al*., 2006).

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه، وزن بوته، میزان کلروفیل در مرحله گل‌دهی، میزان کلروفیل در مرحله پرشدن دانه، مقدار پروتئین، پرولین و پتاسیم دانه تحت تأثیر آبیاری، زئولیت و کود پتاسیم قرار گرفت. اثر متقابل آبیاری×زئولیت بر صفات فوق به‌جز میزان کلروفیل در مرحله پرشدن دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری×پتاسیم و آبیاری×زئولیت×پتاسیم در مورد هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

عملکرد دانه

بالاترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف ۱۵ و۳۰تن زئولیت به‌ترتیب ۲۰۴۰ و ۲۱۴۰کیلوگرم در هکتار (جدول ۳) به‌دست آمد. بالابودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی همراه با مصرف زئولیت نخود گویای نیاز رطوبتی این گیاه زراعی برای دستیابی به پتانسیل تولید است که با نتیجه بررسی Naseri *et al*, (2015) همخوانی دارد. Sabaghpour (2015) گزارش کرد که مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی مراحل بحرانی تنش خشکی در گیاه نخود هستند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و سایر صفات نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، زئولیت و پتاسیم

Table 2. Analysis of variance (Mean Squares) of yield and other traits of chickpea under irrigation regimes, zeolite and potassium

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی Df	عملکرد دانه Seed yield	وزن بوته Plant weight	کلروفیل برگ (گل‌دهی) Leaf chlorophyll (flowering)	کلروفیل برگ (پرشدن دانه) Leaf chlorophyll (seed setting)	پروتئین Protein	پرولین Proline	پتاسیم دانه Seed potassium
بلوک	Block	2	13173	7.199	6.54	75.7	8.6	5.9	0.01
آبیاری	Irrigation (I)	3	8615785**	941.3**	809**	6404**	11.23**	135.9**	0.11**
خطای اصلی	Main error	6	29109	7.723	3.06	17.0	1.11	6.81	0. 02
زئولیت	Zeolite (Z)	2	3514820**	415.2**	273.6**	776.2**	43.44**	14.52**	0.37 **
پتاسیم	Potassium (P)	2	195975**	0.742 ns	74.76**	85.43*	6.71**	12.57**	0.03 *
آبیاری×زئولیت	I× Z	6	515673**	59.06**	45.39**	37.02ns	9.65**	8.06**	0.03**
آبیاری×پتاسیم	I× P	6	42538 ns	4.348 ns	6.50 ns	23.71 ns	0.8 ns	2.02 ns	0.009 ns
زئولیت×پتاسیم	Z× P	4	18407 ns	6.465 ns	2.02 ns	9.685ns	0.77 ns	0.65 ns	0.003 ns
آبیاری×زئولیت×پتاسیم	I× Z× P	12	20840 ns	3.762 ns	3.94 ns	17.38ns	0.62 ns	1.62 ns	0.005 ns
خطای فرعی	Sub error	64	21139	5.371	13.52	26.95	0.48	1.87	0.007
ضریب تغییرات	CV (%)	-	12.38	16.92	14.41	9.71	3.75	11.75	5.87

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

ns, * and**: non-significant and significant at 5% and 1% probability level according to LSD test, respectively.

تأثیر مثبت زئولیت بر رطوبت خاک و نگهداری مواد غذایی را می‌توان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار معنی‌دار زئولیت بر عملکرد قلمداد کرد. با توجه به این‌که عمده کشت نخود در کشور به‌صورت دیم است و تنش خشکی در مرحله گل‌دهی باعث کاهش طول دوره گل‌دهی، تعداد گل و عملکرد دانه می‌شود (Ganjeali & Nezami, 2008)؛ بنابراین، با کاربرد آبیاری در مراحل بحرانی گیاه (گل‌دهی و غلاف‌دهی) و مصرف ۳۰ یا ۱۵تن در هکتار زئولیت می‌توان عملکردهای قابل‌قبولی تولید کرد. کمترین عملکرد مربوط به تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف زئولیت با ۳۴۳/۹کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول۳). پایین‌بودن عملکرد دانه در این تحقیق به‌دلیل تنش شدید خشکی در فصل زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ بود. میانگین بارندگی سالیانه درازمدت در ایستگاه اکباتان ۳۱۰میلی‌متر است درصورتی‌که میزان بارندگی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ برابر با ۱۶۹/۸ میلی‌متر بود. باران مؤثری در زمان بیشترین نیاز آبی این گیاه که مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی این گیاه است، وجود نداشت (جدول ۱).

مصرف پتاسیم عملکرد دانه را افزایش داد، به‌طوری که با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم عملکرد دانه به‌ترتیب به ۱۱۸۴ و ۱۲۴۳ کیلوگرم در هکتار رسید. عملکرد دانه در تیمار عدم مصرف پتاسیم ۱۰۹۶کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). عنصر پتاسیم با تأثیر بر مقاومت روزنه‌ای و تنظیم اسمزی سلول‌ها سبب افزایش مقاومت به خشکی می‌شود. تأثیر مثبت کود پتاسیم بر افزایش عملکرد دانه توسط Beiknejad *et al*, (2013) برای سویا (*Glysin max* L.) و Valadabadi *et al*, (2009) برای سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و ذرت نیز گزارش شده است. نتیجه بررسی Heidari & Asgharpour (2012) در خصوص اثر کود پتاسه بر نحوه پاسخ گیاهان به تنش خشکی نشان داد که کاربرد مقادیر بهینه کود پتاسیم در تخفیف اثرات خشکی بر رشد و عملکرد سورگوم مفید بود.

وزن بوته

بیشترین وزن بوته مربوط به تیمار آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف زئولیت ۳۰تن در هکتار بود که با آبیاری در همین مرحله و کاربرد زئولیت ۱۵تن در هکتار و آبیاری در مرحله گل‌دهی و مصرف زئولیت ۳۰تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و سایر صفات نخود تحت تأثیر آبیاری×زئولیت

Table 3. Mean comparison of yield and other traits of chickpea under irrigation regimes × zeolite

رژیم آبیاری	Irrigation treatment	زئولیت Zeolite t/ha	عملکرد دانه Seed yield (Kg/ha)	وزن بوته Plant weight (gr)	کلروفیل برگ (گل‌دهی) Leaf Chlorophyll (flowering)	پرولین Proline (µmol/g fw)	پتاسیم Potassium (%)	پروتئین Protein (%)
بدون آبیاری	No irrigation	0	343.9 h	5.259 ^{f}	16.7^{k}	15.91^{a}	1.27^{k}	21.58^{a}
		15	565.5 g	7.729 e	16.77^{jk}	14.24^{b}	1.42^{hi}	18.02f^{-i}
		30	539.3 g	7.452 ^{e}	18.51^{ijk}	13.29^{bc}	1.47^{f-i}	18.43^{d-h}
گلدهی	Flowering stage	0	911.7 ef	12.25 ^{c}	22.3^{f-h}	11.25^{fgh}	1.32^{jk}	20.21^{b}
		15	1556 c	18.48 ^{b}	30.87^{bc}	9.19^{jk}	1.59^{bcd}	17.16^{jk}
		30	1868 b	22.31 ^{a}	32.75^{ab}	9.23 ^{ijk}	1.62^{abc}	18.24^{e-h}
غلاف‌دهی	Pod setting stage	0	835 f	9.188 ^{de}	19.7^{h-k}	11.54^{ef}	1.44^{ghi}	17.9^{hi}
		15	1149 d	12.09 ^{c}	21.2^{g-i}	12.7^{cde}	1.51^{d-g}	17.93^{ghi}
		30	975.8 e	11.25 ^{dc}	24.9^{ef}	11.87^{def}	1.50^{e-h}	19.31^{c}
گلدهی و غلاف‌دهی	Flowering and pod setting stage	0	1169 d	12.56 c	26.71 d-e	10.28 g-i	1.62^{abc}	19^{cd}
		15	2040 a	22.47 a	27.14 de	8.66^{k}	1.41^{i}	16.84^{k}
		30	2140 a	23.35 a	31.41 b	10.08^{hij}	1.58^{cd}	17.49^{ij}

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Means within each column, at least with a common letter are not significantly different at α=0.05.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات و عملکرد نخود تحت تأثیر پتاسیم

Table 4. Mean comparison of traits and yield of chickpea under potassium

تیمارها	Treatments	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	پروتئین Protein (%)	پتاسیم Potassium (%)	پرولین Proline (µmol/gfw)	کلروفیل برگ (گل‌دهی) Leaf Chlorophyll (flowering)	کلروفیل برگ (پرشدن دانه) Leaf Chlorophyll (Seed setting)
پتاسیم	Potassium (kg/ha)						
۰	0	1096 b	12.15 a	1.45 b	18.95 a	22.89 b	52.58 b
۱۰۰	100	1184 a	11.43 b	1.50 a	18.49 b	23.69 b	52.55 b
۲۰۰	200	1243 a	10.97 b	1.49 a	18.00 c	25.69 a	55.23 a

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Means within each column, at least with a common letter are not significantly different at α=0.05.

جدول ۵- مقایسه میانگین کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و زئولیت

Table 5. Comparison of effects of irrigation regimes and zeolite on traits and yield of chickpea

تیمارها	Treatments	کلروفیل برگ (پرشدن دانه) Leaf chlorophyll (Seed filling)
رژیم رطوبتی	Irrigation regime	
بدون آبیاری	No irrigation	39.17 c
آبیاری در زمان گلدهی	Flowering stage	64.92 b
آبیاری در زمان غلاف‌دهی	Pod setting stage	41.22 c
آبیاری در زمان گل‌دهی و غلاف‌دهی	Flowering and pod setting stage	68.5 a
زئولیت	Zeolite	
بدون زئولیت	No- Zeolite	49.27 c
۱۵ تن در هکتار	15 ton/ha	52.63 b
۳۰ تن در هکتار	30 ton/ha	58.45 a

میانگین‌هایی در هر ستون و برای هر عامل که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Means within each column, at least with a common letter are not significantly different at α=0.05.

بیشترین و کمترین وزن بوته به‌ترتیب مربوط به آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و عدم آبیاری (شرایط دیم) بود (جدول ۳). کاهش شدید وزن بوته در نتیجه محدودیت آب توسط Imanzadeh *et al*, (2014) گزارش شده است. بنابراین با توجه به اثر زئولیت بر میزان رطوبت قابل استفاده خاک، کاربرد آن به‌طور غیرمستقیم بر تعرق گیاه اثر می‌گذارد. گیاهان که در طول دوره رشد رویشی خود دسترسی قابل توجهی به عوامل مساعد محیطی مانند رطوبت کافی، درجه حرارت مناسب، تهویه خوب محیط ریشه و عدم وجود شرایط غرقابی در محیط ریشه داشته باشند، با تولید مقادیر مطلوبی از کربوهیدرات‌ها وارد فاز زایشی می‌شوند و از نظر کمی و کیفی اجزاء زایشی قابل توجهی تولید خواهند کرد (Mirzakhani *et*

al., 2015). اثر رطوبت بر کاهش وزن بوته را می‌توان به کاهش طول دوره رشد، به‌خصوص گرده‌افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول نسبت داد. همچنین تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی باعث کاهش میزان ماده خشک می‌شود، زیرا تنش باعث ریزش گل‌ها، غلاف‌ها و عدم تشکیل دانه می‌شود (Amiri Dehahmad *et al*., 2010). در گیاه نخود هنگامی که تنش خشکی حادث می‌شود، بسته‌شدن روزنه‌ها همراه با کاهش پتانسیل آب برگ موجب محدودشدن تثبیت دی‌اکسید کربن در فتوسنتز می‌شود. این عامل نیز باعث کاهش سطح برگ و مواد غذایی در دسترس گیاه و درنتیجه کاهش دوام سطح برگ می‌شود. بنابراین تنش خشکی از طریق کاهش توسعه سطح برگ و دوام سطح برگ باعث کاهش استفاده از نور می‌شود و در نتیجه با کاهش سرعت رشد محصول میزان تجمع ماده خشک و وزن بوته کاهش می‌یابد (Almodares *et al*., 2007).

شاخص کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی

مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین شاخص کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی با ۳۲/۷۵میلی‌گرم در گرم برگ از تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی با مصرف ۳۰تن زئولیت در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار پتاسیم بر میزان کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲) و با مصرف ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم در هکتار بیشترین میزان کلروفیل برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم مصرف و مصرف۱۰۰کیلوگرم پتاسیم در هکتار داشت (جدول ۴). Ghorbanli & Niyakan (2005) گزارش کردند تنش آبی سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل در گیاه سویا شده است. کاهش در محتوای کلروفیل به احتمال زیاد به‌دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل و تخریب رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی می‌باشد که این فرآیند نیز خود نتیجه فراهم‌نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد (Ahmadi Mousavi *et al*., 2005). با توجه به این‌که میزان کلروفیل برگ با فراهمی کودها در ارتباط می‌باشد (Malakouti & Homaee, 2005) به‌نظر می‌رسد که در تیمارهای مصرف کود پتاسیم و زئولیت، مواد لازم برای ساخت کلروفیل بیشتر در اختیار گیاه بوده و میزان کلروفیل در آن‌ها بیشتر از تیمارهای عدم مصرف این کودها می‌باشد. Chehelgerdi *et al*, (2015) تأثیر زئولیت و سولفات پتاسیم و کود دامی را در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی را در گیاه ارزن دم‌روباهی (*Setaria italic* L.) بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد بیشترین میزان شاخص کلروفیل مربوط به تیمار سولفات پتاسیم بود که به‌دلیل اثر پتاسیم بر افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی بوده و باعث تعدیل خسارت‌های ناشی از تنش خشکی می‌باشد.

شاخص کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای آبیاری، زئولیت و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه داشتند، اما اثرات متقابل معنی‌دار نشد. (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه از آبیاری در زمان گل‌دهی و غلاف‌دهی، مصرف ۳۰تن زئولیت (جدول ۵) و ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم در هکتار (جدول ۴) به‌دست آمد. کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش طولانی‌مدت تا حدودی به‌دلیل کاهش ورود نیتروژن به بافت‌ها و فعالیت نیترات ردوکتاز می‌باشد که منجر به تجزیه و کاهش کلروفیل می‌گردد (Ahmadi & Bikr, 2000). Mirzakhani *et al*, (2015) در یک بررسی بر روی گندم و Bahador *et al*, (2016) بر روی ماش (*Vigna radiata* L.) اثبات کردند که مصرف سطوح مختلف زئولیت باعث افزایش میزان کلروفیل می‌شود. تأثیر کود پتاسیم بر افزایش جذب دو عنصر ضروری آهن و منیزیوم برای سنتز کلروفیل توسط آثار منفی تنش که موجب کاهش رشد و جذب عناصر غذایی و نیز تجزیه محتوای کلروفیل برگ می‌گردد، خنثی می‌شود (Thalooth *et al*., 2006). کاهش مقدار کلروفیل نخود در اثر تنش کمبود آب توسط Abbasslou *et al*, (2015) نیز گزارش شده است. تخریب کلروپلاست‌ها و تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز ازجمله عوامل مؤثر بر کاهش غلظت این رنگیزه در شرایط تنش کمبود آب محسوب می‌شود. در کل می‌توان گفت زمانی‌که گیاه در مراحل رویشی و زایشی رشد خود در معرض تنش خشکی قرار بگیرد، استفاده از زئولیت و پتاسیم می‌تواند موجب افزایش کلروفیل شود؛ یا به‌عبارتی از کاهش شدید کلروفیل جلوگیری کند و این امر سبب جلوگیری از کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سبزینگی و درنتیجه رشد گیاه می‌شود و به این طریق به گیاه کمک می‌کند تا سعی در حفظ ثبات عملکرد خود داشته باشد.

محتوای پرولین

بالاترین مقدار پرولین از تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف زئولیت با ۱۵/۹۱ میکرومول بر گرم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت. کمترین مقدار این صفت از

تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف ۱۵تن زئولیت با ۸/۶۶ و همچنین تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و مصرف ۱۵ و ۳۰تن زئولیت با ۹/۱۹ و ۹/۲۳میکرومول بر گرم به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش پرولین در زمان بروز تنش خشکی نوعی سازگاری گیاه برای جلوگیری از تعرق بیشتر و افزایش جذب آب است که عمدتاً به‌دلیل عدم انتقال مواد فتوسنتزی و بارگیری آن‌ها از برگ اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین تأثیر زئولیت در تجمع پرولین این است که زئولیت با فراهم‌آوری آب قابل‌دسترس برای گیاه تا حدودی از تجمع پرولین که در واکنش به کمبود آب و برای تنظیم پتانسیل اسمزی ایجاد می‌گردد، جلوگیری می‌کند. تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در دوره کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و گیاه بتواند بعد از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند و بنابراین اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت، اما در تنش طولانی‌مدت اثرات مفید آن عمل نخواهد کرد و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به‌سمت فرآیندهایی غیر از پرشدن دانه منحرف می‌گرداند (Sanchez *et al*., 1998). در این مطالعه، تنش خشکی سبب افزایش میزان پرولین در برگ‌های نخود گردید و این تأثیر با مصرف زئولیت بیشتر نمایان گردید. در یک پژوهش مشخص شد که تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در برنج میزان پرولین را افزایش داد (Pirdashti *et al*., 2009). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در آفتابگردان Asilan (2016) و باقلا (*Vicia faba* L.) Siva Nageswara Rao *et al*, (2015) نیز گزارش شده است. مصرف پتاسیم میزان پرولین را کاهش داد که نشان‌دهنده کاهش اثرات مضر ناشی از تنش خشکی می‌باشد.

غلظت پتاسیم دانه

وجود پتاسیم کافی نیز با توجه به نقشی که در حفظ پتانسیل آبی گیاه و جلوگیری از هدررفتن آب دارد، در شرایط تنش آبی سبب حفظ فعالیت فتوسنتزی و جلوگیری از کاهش شدید فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد (Daneshian *et al*., 2002). بنابراین نقش این عناصر را می‌توان در کمک به تنظیم اسمزی در شرایط تنش رطوبتی دانست که با دخالت در سنتز اسمولیت‌ها برای سازگاری با تنش و حفظ فشار تورژسانس، نقش خود را اجرا می‌کنند. تفاوت معنی‌داری ($p<0.01$) در غلظت پتاسیم دانه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری مشاهده شد (جدول ۲). مصرف ۳۰تن زئولیت و آبیاری در مرحله گل‌دهی و عدم مصرف زئولیت همراه با دو نوبت آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی، دارای بیشترین غلظت پتاسیم دانه بودند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش رطوبت میزان جذب پتاسیم توسط گیاه کاهش و در شرایط رطوبت کافی، افزایش می‌یابد که با نتایج Nasri (2015) مطابقت دارد. کاهش جذب مواد و عناصر غذایی در شرایط کم‌آبی در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش شده است (Pirzad *et al*., 2011). Kafi *et al*, (2009) گزارش کردند که درصد پتاسیم در گیاهان تحت تنش کمتر بوده و دلیل آن می‌تواند کاهش قابلیت دسترسی این عناصر در شرایط کمبود رطوبت باشد، به‌این‌صورت که در اثر وجود آب زیادتر، یون‌های یک ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک به‌طور نسبی بیشتر از یون‌های دو ظرفیتی افزایش می‌یابد، اما به‌تدریج که خاک خشک می‌شود، کلوئیدهای رس با قدرت بیشتری پتاسیم را به سطح خود جذب کرده و مانع از جداشدن این یون‌ها می‌شوند. Domadar Reddy *et al*, (2000) نشان دادند که با کاربرد کود دامی، فسفر و پتاس قابل دسترس خاک افزایش یافته و موجب افزایش جذب این عناصر توسط گیاه می‌شود و اگر مقادیر این عناصر در خاک فراوان باشد، گیاه عکس‌العملی نسبت به مقادیر اضافی این عناصر نشان نخواهد داد. اثر پتاسیم بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش مقدار پتاسیم در خاک باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه گردید و پتاسیم بیشتری جذب شد.

غلظت پروتئین دانه

میزان پروتئین گیاه صفتی است که تحت تأثیر ژنوتیپ رقم، غذاسازی گیاه، فراهمی عناصر غذایی و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. هر عامل غذایی واقلیمی که سبب شود دوره رشد گیاه و خصوصاً دوره پرشدن دانه‌ها کاهش یابد، میزان پروتئین را افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار رژیم‌های آبیاری، کاربرد زئولیت و پتاسیم و همچنین اثر متقابل آبیاری × زئولیت در مقدار پروتئین دانه بود (جدول ۲). تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف زئولیت دارای بیشترین میزان پروتئین دانه به میزان ۲۱/۵۸درصد بود (جدول ۳). بالاتربودن میزان پروتئین دانه در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر می‌تواند مرتبط با کاهش دوره رشد و نمو در شرایط دیم و عدم مصرف زئولیت باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و درنتیجه افزایش میزان پروتئین شده است. این نتیجه مانند نتیجه بررسی Naseri *et al*, (2015) بود. همچنین کاهش رطوبت، پاسخ‌هایی نظیر تخریب پروتئین‌های محلول و انباشت برخی اسید آمینه‌های آزاد را جهت حفظ تنظیم فشار اسمزی سلول به‌دنبال دارد (Momeni *et al*., 2015). افزایش میزان

پروتئین دانه را در شرایط تنش خشکی به کـاهش قابـل توجـه وزن دانه نسبت داده‌اند (Mottaghi *et al*., 2009). Hayati *et al*, (2012) نشان دادند که با افزایش فواصل آبیاری و القای تنش، بر درصد پروتئین دانـه ارزن افـزوده شـد. نتـایج بررسـی Dogounchi *et al*, (2016) نشـان داد کـه مصـرف زئولیـت بدون حضـور اوره نتوانسـت درصـد نیتـروژن پـروتئین دانـه را افزایش دهد.

در بین تیمارهای مصرف کـود پتاسـیم، بیشـترین میـزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود (۱۸/۹۵درصد)(جدول ۴) که با نتیجه بررسی Momeni *et al*, (2015) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمـایش نشـان داد کـه آبیـاری تکمیلـی همـراه بـا مصرف زئولیت و همچنین مصرف پتاسیم، عملکرد دانه نخود را افزایش داد. مصرف سطوح مختلـف زئولیـت همـراه بـا آبیـاری تکمیلی باعث افزایش مقدار عملکرد دانـه، وزن بوتـه، کلروفیـل برگ و میزان پتاسیم دانه گردید، به‌طوری که بالاترین عملکـرد با ۲۱۴۰ و ۲۰۴۰کیلوگرم در هکتار به‌ترتیـب بـا مصـرف ۳۰ و ۱۵تـن زئولیـت در هکتـار و آبیـاری در دو مرحلـه گـل‌دهـی و غـلاف‌دهـی حاصـل شـد. بنـابراین بـرای کـاهش هزینـه‌هـا و صرفه‌جویی در مصرف کود بهتر است آبیاری در این دو مرحلـه همراه با مصرف ۱۵تـن زئولیـت در هکتـار در شـرایط همچـون سال آزمایش باشد. افـزایش میـزان کلروفیـل بـرگ در شـرایط مصرف زئولیت و آبیاری تکمیلی موجب فراهمی بیشتر فتوسـتز شده و در نهایت عملکرد دانـه در واحـد سـطح افـزایش یافـت. زمانی‌کـه تـنش خشـکی موجـب کـاهش عملکـرد دانـه شـود، محتوای پرولین برگ‌ها افـزایش مـی‌یابـد کـه ایـن امـر نشـانه افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش در اثر تولید ایـن اسـمولیت می‌باشد. با توجه بـه نتـایج حاصـل از ایـن بررسـی، در شـرایط کمبود آب با مصرف سولفات پتاسیم مـی‌تـوان تـا حـد زیـادی باعث افزایش عملکرد دانه شد. با مصـرف ۱۰۰ و ۲۰۰کیلـوگرم پتاسیم، عملکرد دانه به‌ترتیـب بـه ۱۱۸۴ و ۱۲۴۳کیلـوگرم در هکتار رسید، در حالی‌که در تیمار عدم مصرف پتاسیم عملکـرد دانه ۱۰۹۶کیلوگرم در هکتار بود که حـاکی از افـزایش ۸/۰۳ و ۱۳/۴۱درصـدی عملکـرد دانـه بـه ترتیـب بـا مصـرف ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم می‌باشد.

منابع

1. Ahmadi, A., and Bikr, D.A. 2000. Stomatal and nonstomatal militants of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. Iranian Journal of Agricultural Science 31: 813-826. (In Persian with English Summary).
2. Ahmadi Mousavi, A., Manouchehri Kalantari, Kh., and Torkzade, M. 2005. Effect a kind of berasinoestroeed on Malondealdeid, proline, chlorophyll in drought stress. Biology Journal 4: 259-267. (In Persian with English Summary).
3. Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., and Karanove, E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Journal of Plant Cell Environment 24: 1337-1344.
4. Almodares, A., Hadi, M.R., Ranjbar, M., and Taheri, R. 2007. The effect of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum: Asian Journal of Plant Sciences 6 (2): 423-426.
5. Amiri Dehahmadi, S.R., Parsa, M., and Ganjali, A. 2010. The effect of drought stress at different phonological stages on morphological traits and yield components of chickpea under greenhouse conditions. Bimonthly Iranian Journal of Field Crop Research 8(1): 157-166. (In Persian with English Summary).
6. Asilan, K. 2016. Effect of water deficit stress on soluble sugars, proline, protein and chlorophyll content in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. Iranian Journal of Filed Crop Science 47(2): 175-184. (In Persian with English Summary).
7. Bahador, M., Ebdali Mashhadi, A., Siadat, A., Fathi, G., and Lotfi Jalalabadi, A. 2016. Effect of zeolite and seed priming on nitrogen, chlorophyll and seed yield of grass pea. Journal of Plant Process and Function 4(11): 137-147. (In Persian).
8. Bates, I., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free Proline for water stress studies. Journal of Plant and Soil 39: 205-207.
9. Beiknejad, S., Azizi, M., Rameh, V., and Afzali, M. 2013. Effect of potassium and Mg on yield and yield component of soybean. (Abstract). In: Abstract Book of the 11th Iranian Crop Science Congress. September 2013. Shahid Beheshti Agricultural Organization. p. 3035. (In Persian).

10. Chehelgerdi, A., Saffari, M., and Abdolshahi, R. 2015. Effect of super absorbent polymer, potassium sulphate and farmyard manure on physiological characteristics of millet (*Setaria italic* L.) under optimum irrigation and drought stress conditions. Journal of Crop Production 7(2): 43-60. (In Persian with English Summary).
11. Daneshian, J., Majidi Hrvan, A., and Jonoubi, P. 2002. The effect of drought stress and different amounts of potassium on quantitative and qualitative characteristics of soybean. Journal of Agriculture Sciences 8(1): 108-95. (In Persian).
12. Dogounchi, A., Biabani, A., Sabouri, H., Gholizadeh, A., Esmaeeli, M., Romani, A., and Jaafarzadeh, M. 2016. Effect of zeolite and urea manure with azospirillum on yield on yield and yield of components of wheat. Journal of Agricultural Research, Education and Extension organization 1(1): 41-53. (In Persian).
13. Domadar Reddy, D., Subba, A., and Rupa, T. R. 2000. Effect of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic in a vertical. Journal of Bioresearch Technology 75: 113-118.
14. Fanaee, H.R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari, A., and Shirani Rad, A. 2010. Effect of potassium fertilization and irrigation on yield and water use efficiency of canola and Indian mustard species (*B. napus*. L. and *B. juncea* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 11(3): 273-291. (In Persian with English Summary).
15. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Yield Barriers in Pulse Crops. In: M. Parsa and Bagheri A. (Eds.). Pulses. Jehad Daneshgahi Mashhad Publisher. (In Persian).
16. Ghazavi, R. 2015. The application effects of natural zeolite on soil runoff, soil drainage and some chemical soil properties in arid land area. International Journal of Innovation and Applied Studies 13(1): 172-177.
17. Ghorbanli, M., and Niyakan, M. 2005. Effect of drought stress on protein, proline, phenol and nitrate redoctas anzyme in soybean (gorgane 3). Oloom Journal of Tarbiat Moalem University 1: 537-551. (In Persian with English Summary).
18. Hayati, A., Ramroudi, M., and Galavi, M. 2012. Effect of timing of potassium application on Millet (*Setaria italica* L.) yield and grain protein content in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 35-44. (In Persian with English Summary).
19. Heidari, M., and Asgharipour, M.R. 2012. Effect of potassium sulphate on yield and component yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research 10(2): 374-381. (In Persian).
20. Imanzadeh, B., Yarnia, M., and RahimzadehKhoiy, F. 2014. Effect of soil use and spraying of potassium sulfate and different irrigation intervals on grain related trains in maize 704 in Khoda Afarin. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 4(3): 92-100.
21. Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stresses in plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publishers. 504 pp.
22. Khodami, S., Shirani Rad, A.H., Delkhosh, B., and NoorMohamadi, Gh. 2013. Effect of different potassium levels and different humidity conditions, in the use of zeolite and disuse zeolite in safflower. Annals of Biological Research 4(8): 56-60.
23. Krouma, A. 2010. Plant water relations and photosynthetic activity in three Tunisian chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype subjected to drought. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 34 (3): 257-264.
24. Malakouti, M.J., and Homaee, M. 2005. Soil Fertility of Arid and Semi-Arid Regions "Difficulties and Solutions". 2nd, ed. Tarbiat Modarres University Publishers. 435 pp.
25. Mirzaee, M.R., and Rezvani, M. 2006. Effect of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 23(1): 29-42. (In Persian).
26. Mirzakhani, M., Hemmati, Z., Sajedi, A. 2015. Response agronomic and physiologic wheat traits to drought stress and application of zeolite. Journal of Agronomy Research in Iran 13(1): 173-183. (In Persian with English Summary).
27. Mollavaly, M., Bolandnazar, S., and Tabatabai, S.J. 2009. The effect of different amounts of ammonium nitrate and potassium sulfate growth characteristics and yield of onion. Journal of Agriculture Science 19(2): 227-239. (In Persian with English Summary).
28. Momeni, F., Ghobadi, M., Jalali, S., and Shekari, P. 2015. Response of physiolgical characteristics of chickpea to Zinc and Potassium in irrigation and rainfed condition. Journal of Plant Physiology. 3(9): 71-83. (In Persian with English Summary).

29. Mottaghi, M., Najafiyan, G., and Bihamta, M.R. 2009. Effect of terminal drought stress on grain yield and baking quality of hexapoloid wheat genotype. Iranian Journal of Crop Science 11(3): 290-306. (In Persian with English Summary).
30. Naseri, R., Siyadat, S.A., Soleymanifard, A., Soleymani, R., and Khosh Khabar, H. 2011. Effect of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
31. Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary).
32. Nasri, M. 2015. Effect of zinc foliar, potassium elements and irrigation terms of concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in grain and some quantitative characteristics of corn (KSC704). International Journal of Biosciences 6(2): 15-23. (In Persian with English Summary).
33. Nayyar, H., and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.
34. Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. Notulace Scientia Biologicae 2(4): 53-58. (In Persian).
35. NiariKhamssi, N., Ghassemi Golezani, K., ZehtabSalmasi, S., and Najaphy, A. 2010. Effect of water deficit stress on field performance of chickpea cultivars. African Journal of Agriculture Research 5(15): 1973-1977.
36. Oneill, P.M., Shanahan, J.F., and Schepers, J.S. 2006. Use chlorophyll florescence assessments to differentiate corn hybrid respond to variable water conditions Journal of Crop Science 46(2): 681-687.
37. Pirdashti, H., Tahmasebi-Sarvestani, Z., and Bahmanyar, A. 2009. Comparison of physiological responses among four contrast rice cultivars under drought stress conditions. World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 52-54.
38. Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S.A., Darvishzadeh, R., and Samadi, A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Medicinal Plants Research 5(12): 2483-2488.
39. Prez-Cabalero, R., Gill, J., Benitez, C., and Gonzalez, J.L. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees. American Journal of Agricultural and Biological Science 2(1): 321-324.
40. Rabbani, J., and Emam, Y. 2011. Yield response of maiz hybrids to drought stress at different growth stages. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 65-78. (In Persian with English Summary).
41. Sabaghpour, S.H., Sadeghi. E., and Malhotra, R.S. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. (Abstract). In: Abstract Book of the International Chickpea Conference January 20-22, 2003. Indira Gandhi Agicultural University, Raipur Chhattisgarh, India.p. 436-443.
42. Sabaghpour, S.H. 2015. Strategic Framework for Food Legume Research. Nashar and Entesharat Organization. 417pp.
43. Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Tenorio, J.L., and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Journal of Field Crop Research 59: 225-235.
44. Serraj, R., and Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environment 25: 333-341.
45. Siva Nageswara Rao, D., Naidu, D., and Ashoka Rani, Y. 2015. Effect of foliar nutrition on antioxident enzymes, photosynthetic rate, dry matter production and yield of Mung Bean under receding soil moisture condition. International Journal of Pure & Applied Bioscience 3(1): 115-123.
46. Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of Mung Bean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agriculture Sciences 2(1): 37-46.
47. Valadabadi, S.A.R., Aliabadi Farahani, H., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K_2O application and irrigation according. Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 19-24.
48. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri A. 2010. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. Iranian Journal of Field Crop Research 7(2): 483-492. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 114-125

Effect of zeolite and potassium on some of characteristic and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the different irrigation management

Maleki[1*], S., Nakhzari Moghaddam[2], A., Sabbaghpour[3], S.H., Noorinia[4], A.A. & Sabouri[5], H.

1. PhD. Student of Crop Ecology, University of Gonbad Kavoos
2&5. Assistant Professor and Associate Professor, University of Gonbad Kavoos
3. Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education of Hamadan
5. Researcher, Center of Agricultural Research and Natural Resources of Gorgan

Received: 24 December 2016
Accepted: 21 February 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.61250

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is grown predominantly in Mediterranean environment where yield is faced with abiotic stresses such as water deficit. Due to shortage of water resources and sequential cropping in many areas, it is necessary to manage the irrigation water, because this would cause inadequate irrigation. Therefore, in order to achieve the maximum yield and efficient use of available water, prevention of waste of water is necessary. One of the reasons for the use of zeolite in agricultural production and productivity of soil, is the moisture absorption and maintain the property for a long time and prevent environmental pollution. Zeolite acts as a slow release fertilizer, giving the plant access to water and nutrients for more times. Also zeolite caused significant saving in water use and reducing the amount of fertilizer. Thus helping to decrease the amount of water used per crop and the contamination of aquifers due to overuse of chemical fertilizers. Adjustment of drought negative effects by maintaining inflammation pressure, transpiration reduction and increase of water use efficiency has been through consumption of potassium. Although potassium unlike N and P, does not enter into the composition of any product. Potassium has an important role either direct or indirect, under different environments, in major plant processes such as photosynthesis, respiration, protein synthesis, enzyme activation, water uptake, osmoregulation, growth and yield of plant. Considering the importance of chickpea in nutrition of human and weather conditions of arid and semiarid, supplementary irrigation is necessity for cultivation of this plant in Iran; with regard to role of zeolite and potassium in reducing sensitivity of plants to water deficit and since there is limited published work about the effect of application of potassium sulphate combined with zeolite, this research was conducted to compare their effects on some of characteristics and yield of chickpea.

Materials & Methods

In order to study the effect of different irrigation regimes and different Zeolite and Potassium application on quality characteristics and yield of chickpea *cv Azad*, an experiment was conducted as split factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications in Research Station of Agriculture and Natural Resource Research center of Hamadan, during 2015 cropping season. Main plot included supplementary irrigation (check as non-irrigation, supplementary irrigation at flowering, irrigations at both flowering and pod setting and irrigation at pod setting stages) and subplot included three levels of zeolite (Z0=0, Z1=15 and Z2=30 ton ha^{-1}) and three levels of potassium fertilizer (K0=0, K1=150 and K2= 250 kg ha^{-1} K_2SO_4) that located as split factorial in each sub plot. In this study, the amount of proline, potassium, protein, chlorophyll content (flowering and pod setting stage), seed yield and Plant weight were determined. Software SAS Ver. 9.1 was used for the statistical analysis and the means were compared by using Least Significant Difference (LSD) test at 0.05 level of significance.

Results & Discussion

***Corresponding Author:** soode.maleki@yahoo.com

The results showed that the different irrigation regimes, Zeolite and Potassium fertilizer levels had significant effect on proline, potassium, protein, chlorophyll (flowering stage), chlorophyll (pod setting stage) and seed yield. The results indicated that drought stress significantly decreased leaf potassium and leaf chlorophyll whereas protein percent and proline were increased. Interaction between irrigation and Zeolite was significant except for chlorophyll (pod setting). In this study, the highest plant weight and seed yield were obtained under irrigations at both flowering and pod setting along with 30 ton ha^{-1} zeolite. Enhanced proline accumulation during stress indicates that proline is thought to play a cardinal role as an osmoregulatory solute in plants. The flowering stage in chickpea cultivars is the most sensitive stage to drought stress and in deficit water condition supplemental irrigation in this stage may considerably increases yield of chickpea.

Conclusion

Production in dry land farming systems in Iran is limited by deficiency of water. Chickpea has good potential to increase production in dry land conditions. Zeolite and potassium consumption can be positive effects on yield and quality characteristic of chickpea in severity and moderately stress conditions. It is concluded that zeolite and potassium consumption with ameliorate damages due to water stress could be effective on plant and formation economical yield in conditions of Hamadan region. Zeolite application in lands which are exposure to late season drought stress can keep soil water content and improve seed yield and production. Therefore, considering water shortage in drought area of the country, application of zeolite can be useful to save more water that leads to produce more yield. According to results of this study, potassium sulfate consumption has been enhanced 8 to 13 percent grain yield.

Keywords: Chickpea, Proline, Protein, Seed yield, Supplementary irrigation